



УДК 622

## ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШТАНГОВЫХ НАСОСНЫХ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

### MULTIFUNCTIONAL ACTION, THE EFFICIENCY OF MAINTENANCE OF SUCKER ROD PUMP OIL WELLS APPLIED TO INCREASE

**Самедов Т.А.**

Азербайджанский государственный университет  
нефти и промышленности  
id.yug2016@gmail.com

**Мустафаев С.Д.**

Азербайджанский государственный университет  
нефти и промышленности

**Ханалиев В.Б.**

Азербайджанский государственный университет  
нефти и промышленности

**Аннотация.** Полифункциональным мероприятием является подлив или закачка чистой жидкости в затрубное пространство, которое осуществляется в различных целях, при эксплуатации штанговых глубинно-насосных скважин, выполняя различные технологические процессы.

В статье представлены примеры применения полифункционального мероприятия в трех различных штанговых глубинно-насосных нефтяных скважинах, в которых выполняются три различные функции этого мероприятия и не требуется остановка работы станка-качалки.

**Ключевые слова:** штанговая насосная скважина, полифункциональное мероприятие, подлив жидкости, вязко-пластичная нефть, двусторонние КВД, динамический уровень жидкости, статический уровень жидкости, пластовое давление, индикаторная диаграмма, изменение режима работы.

**Samedov T.A.**

Azerbaijan State Oil and Industry University  
id.yug2016@gmail.com

**Mustafayev S.D.**

Azerbaijan State Oil and Industry University

**Khanaliyev V.B.**

Azerbaijan State Oil and Industry University

**Annotation.** Multifunctional action is having added or pumping pure liquid to annular space which is carried out in various purposes, at operation of shtangovy deep and pump wells, carrying out various technological processes.

Examples of application of a multifunctional action in three various shtangovy deep and pump oil wells in which three various functions of this action are performed are presented in article and the stop of operation of the pumping unit isn't required.

**Keywords:** sucker rod pump well, multifunctional action, liquid gravies, viscoplastic oil, bilateral CRP, dynamic level of liquid, static level of liquid, reservoir pressure, indicator chart, change of an operating mode.

Полифункциональным мероприятием является подлив или закачка чистой жидкости в затрубное пространство, которое осуществляется в различных целях, при эксплуатации штанговых глубинно-насосных скважин, выполняя различные технологические процессы.

1. Подлив жидкости в затрубное пространство скважин с интенсивным пескопроявлением имеет многолетний промысловый опыт и осуществляется с целью улучшения условий подъема частиц песка на дневную поверхность. С постоянным подливом чистой жидкости в скважину увеличивается количество жидкости и уменьшается концентрация частиц песка в восходящем потоке продукции скважины. Это является одной функцией отмеченного полифункционального мероприятия и предупреждает формирование песчаной пробки в скважине или уменьшает интенсивность этого нежелательного процесса.

В настоящее время на нефтяных промыслах, в штанговых глубинно-насосных скважинах применяются различные технологические схемы подлива жидкости, которые подробно освещены в литературе [1, 2, 3, 4]. Этот вид подлива жидкости осуществляется непрерывно до конца разработки нефтяного месторождения.

Необходимо отметить, что осуществление полифункционального мероприятия в виде подлива жидкости проводится в двух различных вариантах: в одном варианте, динамический уровень жидкости в работающей штанговой глубинно-насосной скважине с помощью подлива чистой жидкости в затрубное пространство, поднимается несколько метров выше его статического положения, а в другом варианте, он поднимается несколько метров вверх, но не доходит до его статического положения.

Следует отметить что, на нефтяных промыслах при осуществлении многих мероприятий, требуется остановить работу штанговой глубинно-насосной установки. Это приводит к некоторым нежелательным отрицательным последствиям, например, потерям в добыче нефти и газа, заклиниванию плунжера в цилиндре насоса, обрыву колонны штанг и т.д.



2. При замере пластового давления, путем снятия кривой восстановления давления (КВД), при изменении режимов работы скважины путем изменения числа качания в минуту « $n$ » балансира станка качалки и путем изменения длины хода плунжера насоса « $S$ » промысловики останавливают работы скважины. С другой стороны, если добываемая нефть является вязко-пластичной жидкостью в пластовых условиях, то в таких скважинах снимаются двусторонние КВД, определяются пластовое давление, начальный перепад давления « $\Delta P_0$ » и начальный градиент давления « $G$ » здесь также подливается жидкость в затрубное пространство и уровень поднимается несколько метров выше своего статического положения. По таким причинам промысловики не любят провести работы требующие остановку скважин и поэтому число подобных исследований резко уменьшилось, особенно в старых истощенных месторождениях.

3. В конце 60-х годов XX века предложен метод определения пластового давления штанговых глубинно-насосных нефтяных скважин без остановки работу станка-качалки [2]. Сущность этого метода заключается в следующем: в затрубное пространство работающей насосной скважины подливается чистая жидкость в определенном количестве и динамический уровень жидкости в скважине поднимается несколько метров выше своего статического положения, прекращается подлив жидкости и не задерживаясь прослеживается снижение и восстановление динамического уровня. В прямоугольной системе координат строится кривая восстановления динамического уровня жидкости, которая получается в виде вогнутой относительно оси глубин монотонной кривой. После этого в той же системе координат строится прямолинейный наклонный график, являющийся характеристикой насоса, работающего в исследуемой скважине. Затем проводится прямая касательная к построенной кривой и параллельная к характеристике насоса. Одна координата (т.е. ордината) построенной точки касания дает глубину статического положения уровня жидкости, по которой определяется значение пластового давления по исследуемой работающей скважине.

Если продукция скважины не обводнилась и дает чистую нефть без воды, то в этом случае подлив жидкости осуществляется с чистой нефтью, в таком случае нельзя подливать воду в затрубное пространство, т.е. нельзя обводнять призабойную зону пласта. Если нефтяная скважина обводнилась, то можно подливать также воду.

Выше объяснены три функции многофункционального мероприятия подлива жидкости в затрубное пространство.

4. Имеется еще четвертая функция подлива жидкости в затрубное пространство работающей нефтяной насосной скважины. Ниже излагаем сущность этой функции.

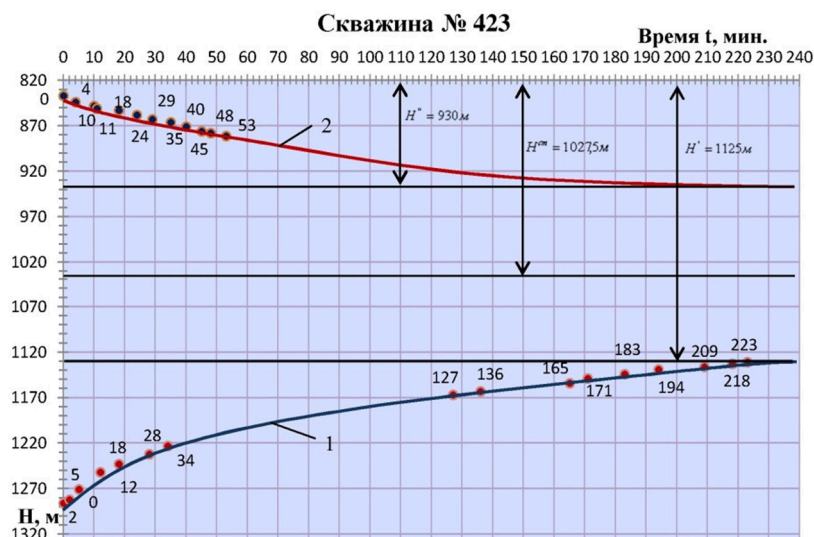
В работе [1] предложен новый способ изменения режима работы штанговой глубинно-насосной скважины без изменения параметров эксплуатации « $n$ » и « $S$ » штанговой глубинно-насосной установки. Этот метод также применяется с подливом жидкости в затрубное пространство. Сущность этого способа заключается в следующем.

Скважина работает на своем оптимальном технологическом режиме; замеряется ее дебит и с помощью аппаратно-программного комплекса «Квантор-4микро» замеряется глубина динамического уровня жидкости, по этим данным строится первая точка первой индикаторной диаграммы; после этого в затрубное пространство скважины подливается жидкость, постоянный расход которой равняется, например  $\frac{1}{2}$  часть дебита скважины; при этом установившийся дебит скважины будет равен к  $\frac{2}{3}$  часть дебита; замеряется глубина установившегося динамического уровня жидкости и по этим данным строится вторая точка индикаторной диаграммы. Для второго раза изменения режима работы скважины, подливается жидкость в затрубное пространство в количестве  $\frac{2}{3}$ -ей части дебита скважины, замеряется глубина динамического уровня жидкости; дебит в этом третьем режиме будет составлять  $\frac{1}{3}$  часть дебита при оптимальном режиме. Таким образом по данным трех различных режимов работы, строятся индикаторные диаграммы без изменения « $n$ » и « $S$ », т.е. без остановки работы станка-качалки.

Ниже представлены примеры применения полифункционального мероприятия в трех различных штанговых глубинно-насосных нефтяных скважинах, в которых выполняются три различные функции этого мероприятия и не требуется остановка работы станка-качалки.

Штанговая глубинно-насосная скважина № 423 НГДЦ №4 НГДУ им. А.Д. Амирова эксплуатируется на площади Калмас из горизонта IV ПТ (продуктивная толща).

25 декабря 2014 года она исследовалась методом двустороннего восстановления забойного давления. Эта скважина имеет следующие эксплуатационной колонны 6"/5", глубина забоя 2080 м, интервал забойного фильтра 2069–2018 м, подвеска насоса 1505/58 м, НКТ спущены в скважине до глубины 1563 м, диаметр НКТ 2,5", дебит нефти 4 т/сут., дебит воды  $Q_e = 0$ , на устье скважины работает станок-качалка типа СКД-8, длина хода плунжера насоса  $S = 1,6$  м, число качаний балансира станка-качалки  $n = 6$  об/мин, диаметр насоса 0,043 м, теоретическая производительность 18,4 т/сут., коэффициент подачи насоса  $\eta = 0,22$ , удельный вес нефти 0,9476 г/см<sup>3</sup>, структурная вязкость нефти в пластовых условиях 152 сПз, предельное напряжение сдвига нефти в пластовых условиях  $\tau_0 = 2,4$  Н/м<sup>2</sup>, глубина динамического уровня нефти в своем технологическом режиме работы скважины 1312 м, глубина погружения насоса под динамический уровень нефти составляет 1563 – 1312 = 251 м. Несмотря на такое большое погружение насоса под динамический уровень нефти, его коэффициент подачи низкий.



**Рисунок 1** – Кривые двустороннего восстановления уровня нефти по скважине № 423 месторождения Калмас:  
1 и 2 – соответственно нижняя и верхняя кривые восстановления уровня нефти

На рисунке 1 представлены кривые двустороннего восстановления забойного давления скважины № 423. Из этих кривых графически определены значения ниже-предельного и выше-предельного статического уровней нефти:

$$H^I = 1125 \text{ м}; H^{II} = 930 \text{ м}.$$

По этим данным, глубина статического уровня нефти будет:

$$H^{cm} = \frac{1}{2}(H^I + H^{II}) = \frac{1}{2}(1125 + 930) = 1027,5 \text{ м}.$$

Высота статического столба нефти в скважине определяется так:

$$H_{cm} = H - H^{cm} = 2080 - 1027,5 = 1052,5 \text{ м}.$$

Значение пластового давления определяется следующим образом:

$$P_{cm} = P_{пл} = \frac{H_{cm} \cdot \gamma_H}{10} = \frac{1052,5 \cdot 0,9476}{10} = 99,7 \text{ ат} = 9,97 \text{ МПа}.$$

Высота столба нефти в своем технологическом режиме работы скважины, будет:

$$H_{cm} = 2080 - 1312 = 768 \text{ м}.$$

Динамическое забойное давление в своем технологическом режиме работы скважины, будет:

$$P_c = \frac{768 \cdot 0,9476}{10} = 72,8 \text{ ат} = 7,28 \text{ МПа}.$$

Прилагаемая депрессия в своем технологическом режиме работы скважины, будет:

$$\Delta P = 9,97 - 7,28 = 2,69 \text{ МПа} = 26,9 \text{ ат}.$$

Начальный перепад давления находится так:

$$\Delta H_0 = \frac{H^I - H^{II}}{2} = \frac{1125 - 930}{2} = 97,5 \text{ м};$$

$$\Delta P_0 = \frac{97,5 \cdot 0,9476}{10} = 9,24 \text{ ат} = 0,924 \text{ МПа}.$$

Начальный градиент давления, будет:

$$G = \frac{\Delta P_0}{R_k - r_c} = \frac{0,924}{100 - 0,0635} = 0,0092 \frac{\text{МПа}}{\text{м}}.$$



Как видно НГД (G) получает низкое значение из-за невысокого значения предельного напряжения сдвига  $\tau_0$  нефти в пластовых условиях.

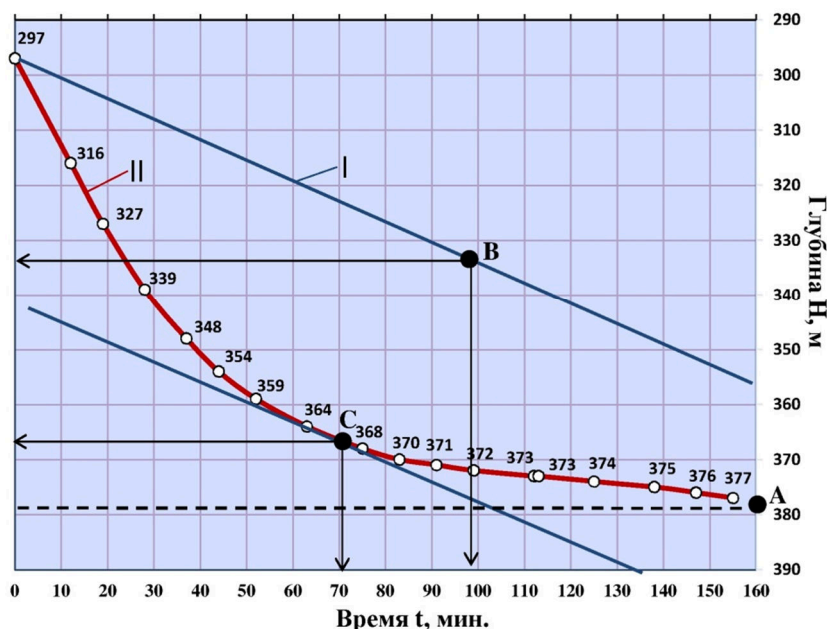
Для уменьшения значений СМС нефти, следует нагревать ПЗП электронагревателем. Это мероприятие может заметно повышать дебит нефти скважины.

Скважина № 289 нефтяного месторождения Локбатан работает из горизонта IV с дебитом нефти 0,33 м<sup>3</sup>/сут, воды 2,5 м<sup>3</sup>/сут, процент обводненности продукции скважины составляет 88,3 %. Внутренний диаметр эксплуатационной колонны D=0,102 м, наружный диаметр НКТ d = 0,051 м.

После подлива в затрубное пространство работающей скважины определенного объема жидкости (воды) уровень жидкости поднялся несколько метров выше своего статического положения не задерживаясь прослеживалось надеже уровня жидкости в скважине и по полученным данным построилась кривая восстановления динамического уровня жидкости в работающей скважине, которая представлена на рисунке 2; в той же системе координат построилась также характеристика насоса, работающего в исследуемой скважине № 289. Проводилась прямая касательная к построенной кривой и параллельная к характеристике (к наклонной прямой) насоса и графически найдена ордината точки касания, которая дает значение глубины статического уровня жидкости в скважине и равно  $H^{cm} = 367$  м, а высота статического столба жидкости, будет:

$$H_{cm} = H - H^{cm} = 494 - 367 = 127 \text{ м.}$$

Скважина 289



**Рисунок 2** – Графики исследования штанговой глубинно-насосной скважины № 289 месторождения Локбатан: I – характеристика глубинно-насосной установки; II – кривая восстановления динамического уровня жидкости

Таким образом значение пластового давления, будет:

$$P_{пл} = \frac{127 \cdot 0,9261}{10} = 11,8 \text{ ат} = 1,18 \text{ МПа.}$$

Как видно из рисунка 2, динамический уровень жидкости при своем оптимальном режиме работы скважины находится на глубине  $H^{дин} = 377$  м, а подвеска насоса составляет  $H_{под} = 453 + 28 = 481$  м; поэтому глубина погружения насоса под динамический уровень жидкости, будет:

$$H_{погр} = H_{под} - H^{дин} = 481 - 377 = 104 \text{ м.}$$

Скважина имеет не высокий газовый фактор. Теоретическая производительность насоса при  $S = 0,6$  м и числе качания  $n = 8$  об/мин составляет  $Q_{теор.} = 5,6$  т/сут., поэтому коэффициент подачи насоса  $\eta = 0,5$  при диаметре насоса 0,032 м. На основе полученных результатов исследования принято следующее решение: уменьшить подвеску насоса и довести глубину погружения насоса до  $H_{погр} = 30$  м; при этом подвеска насоса, будет  $H_{под} = 407$  м. Путем увеличения параметра  $S$  или  $n$ , увеличивать приложенную депрессию и дебит нефти скважины; в результате этих мероприятий дебит нефти (и коэффициент подачи насоса) будет расти.



Штанговая глубинно-насосная нефтяная скважина № 46 работает в горизонте IV месторождения Локбатан (НГДЦ №2), диаметр эксплуатационной колонны 5", глубина скважины 420 м, интервал забойного фильтра 418–400 м, глубина подвески насоса 380/5 м, удельный вес нефти 0,8968 г/см<sup>3</sup>; удельный вес воды 1,0351 г/см<sup>3</sup>; тип станка-качалки работающего на устье скважины СКН-5, число качаний балансира 7,5 об/мин, длина хода плунжера насоса  $S = 1,5$  м, тип насоса ВГН СМЗ, диаметр насоса 0,032 м; теоретическая производительность  $Q_{теор.} = 13,0$  т/сут., коэффициент подачи насоса  $\eta = 0,18$ .

Для снятия индикаторных диаграмм использовались данные трех различных режимов работы скважины.

Первый режим работы являлся свой технологический режим. Перед началом исследования измерялись параметры эксплуатации своего технологического режима работы скважины (дебиты и глубина динамического уровня), затем два раза изменился режим работы без остановки работы станка-качалки, т.е. без изменения параметров  $S$  и  $l$ . Первый раз режим работы изменился следующим образом: в затрубное пространство работающей скважины подливали жидкости с постоянными расходами, притом расходы нефти и воды составляют  $\frac{1}{3}$ -ю часть дебитов нефти и воды, тогда во втором режиме дебиты нефти и воды скважины будут равными к  $\frac{2}{3}$  часть дебитов первого режима работы (т.е. технологического режима).

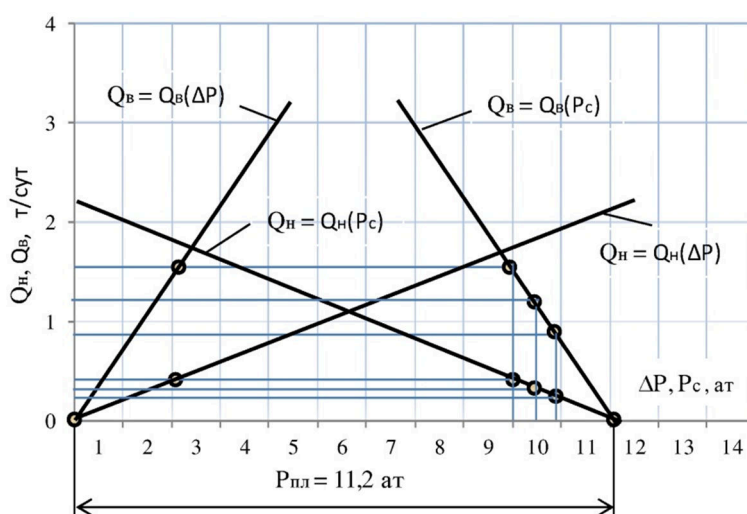


Рисунок 3 – Индикаторные диаграммы по нефти и по воде обводнившейся нефтяной скважины № 46 месторождения Локбатан

Второй раз режим изменялся таким образом: в затрубное пространство подливали жидкости с постоянными расходами, притом расходы нефти и воды составляют  $\frac{2}{3}$ -ю часть дебитов нефти и воды, тогда в третьем режиме дебиты нефти и воды скважины будут равными к  $\frac{1}{3}$  часть дебитов первого режима работы (т.е. технологического режима). В каждом установившемся режиме работы с помощью «Квантор-4микро» измерялся глубина динамического уровня жидкости в скважине. На основе этих уровней определялись значения динамических забойных давлений исследуемой скважины. После этого построились индикаторные диаграммы, которые представлены на рисунке 3.

**Выводы**

1. Все штанговые глубинно-насосные нефтяные скважины необходимо исследовать на установившихся режимах притока без остановки работы станка-качалки.
2. Подлив или закачка агрегатом чистой (без механических примесей) жидкости в затрубное пространство штанговых глубинно-насосных скважин является полифункциональным мероприятием применяемым для повышения эффективности эксплуатации этих скважин.
3. На нефтяных промыслах, в основном широко применяются следующие исследования:
  - замеры пластового давления;
  - гидродинамические исследования на установившихся режимах притока; в этих исследованиях снимаются индикаторные диаграммы;
  - снимается кривая восстановления забойного давления.
4. При замере пластового давления без остановки работы станка-качалки, подлив жидкости осуществляется до подъема уровня жидкости несколько метров выше его статического положения, затем снимается кривая восстановления динамического уровня жидкости.
5. При замере пластового давления скважины, продуцирующей вязко-пластичную нефть, снимаются двусторонние КВД; при этом нижнюю кривую снимают после остановки работы скважины,



верхнюю кривую снимают после закачки определенного объема жидкости в пласт и подъема уровня несколько метров выше его статического положения.

6. При снятии индикаторных диаграмм, режим работы скважины изменяется два раза без изменения  $S$  и  $h$ , путем подлива жидкости в затрубное пространство с постоянным расходом; первый раз подливается жидкость в затрубное пространство с расходом, равным  $\frac{1}{3}$ -ю часть дебита жидкости скважины, а во второй раз  $\frac{2}{3}$ -ю часть дебита скважины.

#### Литература:

1. Т.Ə.Сәмədov, R.A.Quliyev «Sulaşmış ştanqlı dərinlik nasos quyularında lay sularının hidrodinamik üsullarla təcrid edilməsi» : Metodik göstəriş, ADNSU-nin mətbəəsi. – Bakı, 2017. – 72 s.
2. Гулиев Р.А., Ханалиев В.Б. Способ определения пластового давления без остановки работы штанговой глубинно-насосной установки // Нефтепромысловое дело. – 2015. – № 9. – С. 41–44.
3. Определение статического давления пластов, содержащих высоковязкие ньютоновские и вязкопластичные нефти методом двустороннего восстановления давления / Т.А. Самедов [и др.] // Нефтепромысловое дело. – 2016. – № 1. – С. 44–48.
4. Мустафаев С.Д., Гулиев Р.А., Ханалиев В.Б. Проведение контроля за работой скважинной насосной установки с прибором «Квантор-4 микро» // Междунар. науч.-исследов. журнал. – Екатеринбург, 2016. – С. 118–122.

#### References:

1. T.Ə.Səmədov, R.A.Quliyev «Sulaşmış ştanqlı dərinlik nasos quyularında lay sularının hidrodinamik üsullarla təcrid edilməsi» : Metodik göstəriş, ADNSU-nin mətbəəsi. – Bakı, 2017. – 72 s.
2. Guliyev R.A., Hanaliyev V.B. Sposob of determination of reservoir pressure without stopping of work shtango-howl deep and pump installation // Oil-field business. – 2015. – № 9. – P. 41–44.
3. Determination of static pressure of the layers containing high-viscosity the Newtonian and viscoplastic oil by method of bilateral restoration of pressure / T.A. Samedov [etc.] // Oil-field business. – 2016. – № 1. – P. 44–48.
4. Mustafayev S.D., Guliyev R.A., Hanaliyev V.B. Monitoring procedure behind work of borehole pump installation with the «micro quantifier-4» device // Mezhdunar. Sinec.-res. magazine. – Yekaterinburg, 2016. – P. 118–122.